1Л

УДК 510.22+519.71

М.М. Личак, Б.М. Шевчук
Інститут космічних досліджень НАН та НКА України, м. Київ, Україна
set@ikd.kiev.ua
Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ, Україна
incors@ukr.net

Про інформативність показників інтервального аналізу сигналів і зображень

У статті розглянуті питання побудови інтелектуальних пристроїв і систем моніторингу стану об’єктів з урахуванням компактного кодування сигналів та зображень, зроблений аналіз оптимізації процесів їх введення та оперативної обробки. Описані теоретичні основи отримання інтервальних характеристик шумів та їх використання для визначення множинних оцінок інформативних параметрів введених сигналів і зображень.

Вступ

Сучасний розвиток інтелектуальних сенсорів та відеосенсорів, пристроїв, систем і мереж тривалого моніторингу станів об’єктів різноманітної природи і призначення ґрунтується на розробці ефективних методів і алгоритмів оперативної обробки сигналів, зображень та відеоданих в місцях виникнення інформаційних потоків, тобто безпосередньо на об’єктах. При цьому важлива мінімізація первинних потоків даних за рахунок виявлення та компактного кодування інформативних і достовірних вхідних даних на етапі введення (відбору) моніторингової інформації засобами об’єктних пристроїв і систем. Слід зазначити, що об’єктні пристрої і системи, як правило, працюють в умовах багатьох обмежень, включаючи обмеження на продуктивність обчислювальних ресурсів, об’єм оперативної пам’яті, час обробки даних при наявності вхідних шумів і промислових завад. Тому важливою проблемою при побудові інтелектуальних об’єктних пристроїв, систем і мереж є реалізація оперативної багатофункціональної обробки сигналів та відеосигналів [1], [2] з використанням високопродуктивних сигнальних процесорів, програмуючих логічних схем, процесорних модулів та мікроконтролерів. Ключовим завданням багатофункціональної обробки даних на об’єктах є виявлення найбільш інформативних ділянок сигналів та відеосигналів, відліки яких кодуються найбільш точно, з підвищеною частотою дискретизації та максимальною кількістю біт. Неінформативні ділянки сигналів та відеосигналів, включаючи ділянки, які вражені шумами, кодуються менш точно і більш стисло.

Основою визначення найбільш інформативних ділянок сигналів і зображень є оперативне визначення динамічних та статистичних показників огинаючих сигналів і відеосигналів [3] та показників інтервальних методів аналізу даних [4-8], які дозволяють отримувати множинні оцінки інформативних параметрів істинного сигналу навіть для ділянок з високим рівнем шуму.

Таким чином, **метою статті** є розробка методології отримання замкнутих та компактних множинних оцінок сигналу з шумом на основі інтервальних характеристик шуму та розгляд можливостей подальшого використання такого підходу і його результатів до вирішення задачі стиску даних вимірювань з мінімальними контрольованими втратами точності.

Оптимізація процесів введення та оперативної обробки сигналів і зображень

При введенні даних від об'єктів важливо контролювати умови введення сигналів і зображень, опосередковано визначати вхідне співвідношення сигнал/шум [2], [8]. Це дозволить контролювати ступінь спотворення вхідних даних шумами і завадами. Відповідно масиви первинних даних доцільно супроводжувати службовою інформацією, яка підтверджує якість введених даних та дозволяє оптимізувати обробку вхідних даних: чисті від шумів фрагменти та ділянки сигналів і зображень фільтруються та кодуються більш якісно, а дані з шумами фільтруються спрощеними методами, проріджуються і кодуються менш якісно і більш стисло. Слід зазначити, що сам процес фільтрації сигналів і зображень спотворює первинні дані, достовірність яких суттєво залежить від вхідного співвідношення сигнал/шум. Тому на ділянках (фрагментах) сигналів та зображень з шумами молодші двійкові біти є недостовірними і немає смислу виконувати складні і точні операції фільтрації та стиску даних з шумами. Мінімально допустима частота дискретизації сигналів вибирається адаптивним чином в широких межах, згідно з умовою $f_{\partial K} \le f_{\partial onm} \le 2K_{\phi} \times f_{\max}$, де $K_{\phi} \ge 8-10$ – коефіцієнт підвищення частоти дискретизації сигналу $f_{\partial K}$ за Котельниковим, значення якого суттєво залежить від метрологічних вимог до пристроїв введення і обробки сигналу, $f_{\max}$ – максимальна частота сигналу. На відміну від вимірювальних сигналів потік даних від відеосенсорів визначається їх роздільною здатністю $N \times M$ (N – кількість пікселів у рядку поточного кадру, M – кількість рядків у кадрі), кількістю біт, виділених для кодування яскравості пікселя, а також залежно від частоти отримання кадрів і виду зображення (кольорове, монохромне).

Найпростішим способом адаптивного введення сигналів є їх дискретизація з максимальною частотою $f_{\partial \max} = 2K_{\phi} \times f_{\max}$ з наступним проріджденням відліків сигналу на величину $K_j = f(\Delta X_i^{\phi})$, де j = 1, 2, 3, 4, ... – поточна величина коефіцієнта проріджения частоти $f_{\partial \max}$. Для простоти кодування величина j вибирається із величин j = 1, 2, 4, 8 ... З метою зменшення первинних інформаційних потоків і отримання достовірних відліків сигналів доцільно використовувати сигма-дельта АЦП. Оптимальним вирішенням проблеми введення сигналів є тактування роботи аналого-цифрового перетворювача з адаптивним періодом кодування $t_{\kappa} = f(K_{cm\min}, [c/ш]_{вх}, \Delta X_i^{\phi})$, де $K_{cm\min}$ – мінімально необхідний коефіцієнт стиску даних, $[c/ш]_{вх}$ – відносний показник вхідного співвідношення сигнал/шум, $\Delta X_i^{\phi} = X_i^{\phi} - X_{i-1}^{\phi}$ – поточне значення приросту профільтрованого сигналу, визначеного в процесі реалізації оперативної фільтрації, наприклад, ковзким способом з мінімальним вікном усереднення $l_y = 4-5$ відліків. З метою мінімізації інформаційних потоків без втрат точності кодування відліків сигналу на ділянках з високочастотними шумами і на пологих ділянках коефіцієнт проріджения частоти дискретизації сигналу K_j вибирається максимально можливим, а кількість достовірних біт суттєвих відліків при компактному кодуванні q_{∂} = 9, 1, 11, 12 вибирається залежно від ступеня їх «зашумленості», тобто $q_{\partial} = f([c/ш]_{вх})$. У найбільш простому випадку інформація про

ступінь «зашумленості» ділянок сигналів характеризується різницею $\Delta X_i^{ш} = \left| X_i^{ш} - X_i^{ф} \right|$ між поточними значеннями вхідних (з шумами) $X_i^{ш}$ і профільтрованих $X_i^{ф}$ відліків сигналу. Шляхом порівняння величин $\Delta X_i^{ш}$ з відповідними пороговими величинами $P_1, P_2, ..., P_s$ визначаються оцінки поточного співвідношення сигнал/шум, де s – кількість рівнів (станів) величини $[c/ш]_{вх}$.

Компактне кодування відліків сигналів ґрунтується на оперативному обчисленні величин $\Delta X_i^{ф}$, $\Delta X_i^{ш}$ і виборі величин $f_{допт}$ та $q_{д}$. Для реалізації на об'єктах компактного кодування сигналів і зображень без залучення потужних процесорів ефективним є використання алгоритмів фільтрації-стиску даних моніторингу, які оптимізовані за швидкодією і точністю та ґрунтуються на «сигнальному» підході, який передбачає попереднє згладжування кривої обвідної сигналу чи фрагмента зображення (рядка, стовпця, відповідної поточної кількості рядків і стовпців) та пошуку суттєвих відліків (СВ), до яких відносяться екстремуми та точки перегину (зміни опуклості) кривої. Всі інші відліки, які знаходяться між сусідніми СВ, класифікуються і кодуються як несуттєві відліки. Для досягнення необхідного $K_{cm\min}$ на ділянках обвідної з високочастотними складовими точками перегину можна знехтувати, оскільки вони інформативні при аналізі нединамічних (гладких) ділянок обвідної. З метою експрес-аналізу вибірок сигналів та фрагментів зображень доцільно використовувати різні показники інформативності відповідних СВ, включаючи $\Delta X_i^{CB} = X_i^{CB} - X_{i-1}^{CB}$, $\xi_i^e = \sum \left(\left| \Delta_{i(i-1)}^e \right| + \left| \Delta_{i(i+1)}^e \right| \right)$ та інші відносні показники, де X_i^{CB} – амплітуда i-го СВ, ξ_i^e – показник інформативності i-го екстремуму, $\left| \Delta_{i(i-1)}^e \right| = \left\| A_i^e \right| - \left| A_{i+1}^e \right\|$ – величина, яка характеризує інформативність i-го екстремуму по відношенню до $(i-1)$-го екстремуму; $\left| \Delta_{i(i+1)}^e \right| = \left\| A_i^e \right| - \left| A_{i+1}^e \right\|$ – величина, яка характеризує інформативність i-го екстремуму по відношенню до $(i+1)$-го екстремуму.

Інтервальні характеристики сигналів та їх використання для обробки вимірювальних даних

Враховуючи обмеженість по величині значень реальних сигналів, при обчисленні їх статистичних характеристик доцільно враховувати параметри цих обмежень. В класичних моделях сигналів теорії ймовірності дана інформація не враховується. Наприклад, нормальний закон розподілу, який найчастіше використовується при обробці даних різноманітних досліджень, не передбачає такої обмеженості. В [4-8] запропоновані методи та алгоритми інтервального (множинного) оцінювання інформаційних параметрів масивів вимірювальних даних з використанням апріорної інформації, яку бажано використати. Таким чином із обмеженого сигналу випливає обмеженість його середніх значень на скінченних інтервалах обробки сигналів. Дані інтервальні обмеження теж, як апріорна інформація, можуть використовуватись для отримання інтервальних оцінок інформативних параметрів сигналів та масивів вимірювальних даних. Використовуючи дану методику обробки даних в задачах ідентифікації і оцінювання параметрів сигналів на основі виміряних параметрів отримують множинні оцінки в просторі цих параметрів.

Нехай відомо, що результати вимірювань чи спостережень у вигляді послідовності «виходів» можна представити у вигляді

$$y_n = x_n + f_n, \quad n = 1,2,3,...,M, \tag{1}$$

де y_n – задана скалярна числова послідовність, отримана в результаті вимірювань чи спостережень, x_n – невідома послідовність істинних значень вимірюваних чи спостережених процесів, а f_n – невідома обмежена послідовність, що відображає похибки вимірювань чи спостережень на інтервалі $n = \overline{1, M}$ $(M = const > 0)$.

Процедура обробки отриманих значень для обчислення оцінок істинних значень сигналу суттєво залежить від прийнятих припущень щодо завад вимірювань чи спостережень. На відміну від імовірнісного підходу, розглянемо випадок, коли використовуються інтервальні характеристики обмежених збурень [4-7]. Найпростішими і фізично обґрунтованими є припущення про обмеженість самих похибок (завад) та швидкості їх зміни [6]:

$$|f_n| \le \delta = const, \quad |\Delta f_n| \le \gamma = const, \forall n > 0, \quad \Delta f_n = f_{n+1} - f_n. \tag{2}$$

При цьому вважається, що f_n не містить постійної складової (центрована завада), тобто є чисто шумовою складовою похибок. За наявності постійної методичної похибки вона відноситься до невідомих істинних значень вимірюваного процесу, а її виділення з них є окремою задачею, яка не буде розглядатися в даній статті. Із обмеженості f_n випливає відсутність постійної складової в Δf_n.

Розглянемо також можливість гладження шумової складової похибок та швидкості їх зміни ковзними вікнами з вибраною фіксованою шириною [9]. Саме просте ковзне вікно, яке використовується для гладження – це прямокутне вікно шириною

$$N_0 = 2N + 1, \tag{3}$$

де $N \ge 0$ – деяке ціле число. При цьому формально вводиться умова, що

$$f_{-i} = f_i \ \forall\, i = 1,2,...,N, \quad f_{M+i} = f_{M-i} \ \forall\, i = 1,2,...,N. \tag{4}$$

Тоді значення згладженої послідовності $\bar{f}_n$ визначаються за формулою

$$\bar{f}_n = N_0^{-1} \times \sum_{i=-N}^{i=N} f_{n+i} \ \forall\, N = 0,1,2,...,M_1, \quad n = 1,2,3,...,M, \quad M_1 = \{(M-1)/2\}. \tag{5}$$

Відповідно до [4-7] це дозволяє додатково до (2) використовувати для оцінювання з врахуванням (3) інтервальні характеристики виду

$$m_н(N) \le \frac{1}{N_0} \sum_{i=-N}^{i=N} f_{n+i} \le m_в(N) \ \forall\ N = 0,1,2,...,\ M_1,\ n = 1,2,3,...,\ M, \tag{6}$$

а також аналогічні інтервальні характеристики швидкості зміни завад вимірювання

$$\Delta m_н(N) \le \frac{1}{N_0} \sum_{i=-N}^{i=N} \Delta f_{n+i} \le \Delta m_в(N) \ \forall\ N = 0,1,2,...,\ M_2,\ n = 1,2,...,\ M-1, \tag{7}$$

де

$$M_2 = \{(M-2)/2\}, \tag{8}$$

$m_н(N)$ і $m_в(N)$ – відповідно нижня і верхня межі інтервальної функції оцінки арифметичного середнього значення завад, що визначається шириною інтервалу N_0, на якому розглядається ця оцінка, а $\Delta m_н(N)$ і $\Delta m_в(N)$ – нижня і верхня межі аналогічної інтервальної функції оцінки арифметичного середнього значення швидкості зміни завад.

Слід зауважити, що

$$\Delta f_{n-N} + \Delta f_{n-N+1} + \Delta f_{n-N+2} + \ldots + \Delta f_{n+N} =$$
$$= f_{n-N+1} - f_{n-N} + f_{n-N+2} - f_{n-N+1} + f_{n-N+3} - f_{n-N+2} + \ldots + f_n - f_{n-1} +$$
$$+ f_{n+1} - f_n + f_{n+2} - f_{n+1} + \ldots + f_{n+N} - f_{n+N-1} + f_{n+N+1} - f_{n+N} = f_{n+N+1} - f_{n-N},$$

тобто фактично замість (6) можна написати нерівності виду

$$\Delta m_н(N) \le \frac{1}{N_0}(f_{n+N+1} - f_{n-N}) \le \Delta m_в(N) \;\forall\; N = 0,1,2,\ldots,M_2,\;\; n = 1,2,\ldots,M-1. \quad (9)$$

Відзначимо, що інтервальні характеристики (6) і (9) є більш загальні від (2) і містять їх в собі як частинний випадок при $N = 0$ і $m_в(0) = -m_н(0) = \delta$ та $\Delta m_в(0) = -\Delta m_н(0) = \gamma$. Безперечно, що знання при $N > 0$ значень меж інтервальних функцій арифметичного середнього завад і швидкості їх змін є додатковою інформацією, яка дозволяє в більшості випадків суттєво покращити множинні оцінки відповідних параметрів, ніж коли використовувати лише знання обмежень при $N = 0$. Але для отримання цієї інформації необхідні додаткові метрологічні дослідження вимірювальних пристроїв, які передбачається використовувати. А саме, слід провести серію вимірювань еталонних сигналів, що близькі за властивостями (насамперед, за частотним складом і динамічним діапазоном) до природних. Це дозволить виділити шумову складову похибок вимірювань і шляхом гладження її ковзними вікнами різної ширини виду (5) безпосередньо отримати значення меж відповідної інтервальної функції, що фігурують в (6). Межі інтервальної функції оцінки арифметичного середнього значень швидкості зміни завад отримуються перевіркою (9) при кожному вибраному $N > 0$, тобто вимогою, щоб для виділеної шумової складової

$$\Delta m_н(N) = \min_{n=\overline{1,M}}(f_{n+N+1} - f_{n-N}),$$
$$\Delta m_в(N) = \max_{n=\overline{1,M}}(f_{n+N+1} - f_{n-N}),\; N = 0,1,2,\ldots,M_2. \quad (10)$$

Нехай істинні значення процесів залежать від деякої заданої числової послідовності «входів» – u_n $(n = \overline{1,M})$, причому ця залежність має вигляд

$$x_n = \sum_{k=1}^{S} l_k \times \varphi_k(u_n, n), \quad n = 1,2,\ldots,M, \quad (11)$$

де $\varphi_k(\times)$ – відомі функції своїх аргументів (так звані «опорні» функції), а l_k $(k = \overline{k = 1,S}$, $S = const$) – невідомі постійні параметри. Для зручності подальшого аналізу відомі функції об’єднані у вектор-рядок $\Phi_n = (\varphi_1(u_n,n);\varphi_2(u_n,n);\ldots;\varphi_S(u_n,n))$, а невідомі параметри – у вектор $L^T = (l_1;l_2;\ldots;l_S)$. Для визначення оцінок значень цих параметрів з достатньою точністю за результатом обробки M отриманих значень y_n $(n = \overline{1,M})$ та отримання таким чином достовірної математичної моделі розглядуваного процесу, що дає можливість подальшого його прогнозування, може бути застосовано інтервальний (множинний) аналіз [5], [6]. При цьому основою такої обробки є співвідношення

$$y_n = \sum_{k=1}^{S} l_k \times \varphi_k(u_n, n) + f_n, \quad n = 1,2,\ldots,M. \quad (12)$$

Для використання обмежень, пов’язаних із швидкістю зміни завад, будуть використовуватись співвідношення

$$\Delta y_n = \sum_{k=1}^{S} l_k \times \Delta\varphi_k(u_n, n) + \Delta f_n, \quad n = 1,2,\ldots,M-1, \quad (13)$$

де $\Delta y_n = y_{n+1} - y_n$, $\Delta\varphi_k(u_n,n) = \varphi_k(u_{n+1},n+1) - \varphi_k(u_n,n)$.

Наявність завад не дає можливості в результаті обробки отримати точне значення параметрів, але, як випливає із обмежень (6) і (9), дозволяє отримати їх гарантовані оцінки у вигляді множини в просторі параметрів E^S, що виділяється нерівностями, котрі отримуються з умови задоволення при значеннях параметрів з цих множин співвідношень (6) і (9) при всіх n і для деяких значень f_n і Δf_n, що задовольняють даним обмеженням. Якщо ж в результаті обробки отримаємо пусту множину, то це означатиме, що або гіпотеза про зв'язок істинних значень зі «входами» не виконується (через неправильний вибір вигляду чи кількості «опорних» функцій), або інформація про інтервальні характеристики завад вимірювання неточна. Такий випадок тут розглядати не будемо.

Сформуємо процедуру обробки даних. Для цього перепишемо (12) у вигляді

$$y_n - \Phi_n \times L = f_n, \quad n = 1,2,..., M . \tag{14}$$

Тоді, можна записати вираз для суми будь-яких рівностей (12) підряд, розділеної на їх кількість, починаючи з деякої $(n-N)$-ї до $(n+N)$-ї рівності

$$\frac{1}{N_0}\sum_{i=-N}^{i=N}(y_{n+i} - \Phi_{n+i} \times L) = \frac{1}{N_0}\sum_{i=N}^{i=N} f_{n+i} \ \ \forall\ N = 0,1,2,...,M_1,\ \ n = N+1, N+2,..., M-N .$$

Звідси на основі (5) отримаємо систему лінійних нерівностей

$$\begin{gathered} m_н(N) \le \frac{1}{N}\sum_{i=-N}^{i=N}(y_{n+i} - \Phi_{n+i} \cdot L) \le m_в(N) \\ \forall\ N = 0,1,2,...,M_1,\ n = N+1, N+2,..., M-N, \end{gathered} \tag{15}$$

що визначає множину значень вектора L в просторі параметрів E^S, котрі задовольняють всі нерівності (15) при заданих межах $m_н(N)$ і $m_в(N)$ інтервальної функції оцінки арифметичного середнього значення завад. Систему нерівностей (15) можна переписати в компактному вигляді

$$\begin{gathered} \bar{y}(n,N) - m_в(N) \le \overline{\Phi}(n,N) \times L \le \bar{y}(n,N) - m_н(N) \\ \forall\ N = 0,1,2,..., M_1,\ n = N+1, N+2,..., M-N, \end{gathered} \tag{16}$$

де фігурують усереднені значення виміряних «виходів» і вибраних «опорних» функцій

$$\bar{y}(n,N) = \frac{1}{N}\sum_{i=-N}^{i=N} y_{n+i}, \quad \overline{\Phi}(n,N) = \frac{1}{N}\sum_{i=-N}^{i=N}\Phi_{n+i} .$$

Аналогічно системі (15) може бути записана на основі (13) система лінійних нерівностей

$$\begin{gathered} \Delta m_н(N) \le \frac{1}{N}\sum_{i=-N}^{i=N}(\Delta y_{n+i} - \Delta\Phi_{n+i} \times L) \le \Delta m_в(N) \\ \forall\ N = 0,1,2,...,M_2,\ n = N+1, N+2,..., M-N-1, \end{gathered} \tag{17}$$

яка з врахуванням (9) може бути переписана в компактному вигляді

$$y_{n+N+1} - y_{n-N} - \Delta m_в(N) \le (\Phi_{n+N+1} - \Phi_{n-N}) \times L \le y_{n+N+1} - y_{n-N} - \Delta m_н(N) \tag{18}$$

$$\forall\ N = 0,1,2,...,M_2,\ n = N+1, N+2,...,M-N-1 .$$

Очевидно, що множина значень вектора L в просторі параметрів E^S, якій належать істинні значення невідомих параметрів, визначається об’єднаною системою лінійних нерівностей (16), (18).

Якщо відома деяка апріорна інформація про оцінку істинних значень невідомих параметрів у вигляді системи лінійних нерівностей відносно цих параметрів, то результуюча множина-оцінка Ω_L компонент вектора L отримується об’єднанням апріорної системи з системою лінійних нерівностей (16), (18), що визначає перетин апріорної та апостеріорної множин-оцінок. При цьому з неї можна отримати оцінки окремих параметрів у вигляді інтервальних зовнішніх оцінок

$$l_j \in [l_j^{(min)}; l_j^{(max)}],\quad l_j^{(min)} = \min_{L\in\Omega_L}(l_j),\quad l_j^{(max)} = \max_{L\in\Omega_L}(l_j) = \min_{L\in\Omega_L}(-l_j),\quad j = 1,2,...,m, \tag{19}$$

що не можуть бути покращені без використання додаткової інформації, так як ці оцінки отримуються із рішення відповідно до (19) задач лінійного програмування. Тоді як точкові оцінки значень невідомих параметрів l_j можуть вважатись серединою інтервальних оцінок (19). В принципі, як точкова оцінка може використовуватись будь-яка точка множини Ω_L, хоча природно вибирати в цій якості деяку середню (так звану середньозважену) точку даної множини. Отримання із (19) хоча би однієї пустої інтервальної оцінки (за рахунок суперечності виду $l_j^{(min)} > l_j^{(max)}$), означатиме, що результуюча множина-оцінка Ω_L пуста.

Дана методика може бути використана для досягнення оптимального значення коефіцієнта стиску даних при їх передачі каналами зв’язку. А саме, будемо вважати, що масив довжиною M даних попередньо зберігається в деякому буфері (блоці пам’яті) перед лінією передачі. Тоді, отримавши множинну оцінку невідомих параметрів істинного сигналу на цьому масиві, можна оцінити ступінь максимальної неточності його відтворення при виборі того чи іншого коефіцієнта стиску. Більше того, якщо набір опорних функцій і допустима неточність відтворення сигналу попередньо вже були вибрані, то можна попередньо розбити апріорно задану множину можливих невідомих параметрів на сукупність підмножин, для яких гарантується певна точність відтворення істинного сигналу при певному коефіцієнті стиску. Тоді треба буде тільки перевірити належність результуючої множини-оцінки Ω_L до певної підмножини чи декількох підмножин та вибрати з них оптимальний коефіцієнт стиску.

Такий підхід може бути поширений на випадок «матричного» сигналу на виході, коли зображення отримується у вигляді виходу відеосенсора на основі приладу із зарядним зв’язком. Тобто замість (1) маємо

$$y_{jk,n} = x_{jk,n} + f_{jk,n},\quad n = 1,2,3,...,M,\ j = 1,2,...,H,\ k = 1,2,...,Q, \tag{20}$$

де $H \geq 1, Q \geq 1$ – деякі цілі числа. Але суттєвою відмінністю тут є необхідність врахування зв’язків між значеннями істинного сигналу для різних j і k залежно від сусідства в матриці вибраних елементів, які складають цілісне зображення. Також слід врахувати взаємозв’язок між елементами «матричної» шумової складової в (20).

Висновки

Запропонована методологія обробки даних об'єктними пристроями і системами орієнтована на використання при побудові бортових систем збору, обробки і передачі інформації, в телемедичних мережах, мережах екомоніторингу та дистанційного контролю станів промислових об'єктів, людино-машинних комплексів і систем. Використання в ній інтервальних характеристик реальних сигналів з шумами суттєво відрізняє її від загальноприйнятого на даний час імовірнісного підходу. Це дозволяє отримувати гарантовані оцінки інформативних параметрів шумів і, таким чином, підвищує достовірність розрахованих на їх основі показників масивів вибірок сигналів. За рахунок цього забезпечується близьке до оптимального завантаження каналів зв'язку мереж передачі даних.

Література

1. Шевчук Б.М., Зінченко В.П. Оперативна багатофункціональна обробка та передача інформації в моніторингових мережах з використанням мікросупутників // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2006. – № 6. – С. 30-36.
2. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Фраєр С.В. Ефективні методи фільтрації-стиску та захисту інформації в комп'ютерних мережах тривалого моніторингу станів об'єктів // Штучний інтелект. – 2006. – № 3. – С. 804-815.
3. Шевчук Б.М. Методы оперативной обработки сигналов и вычисления показателей состояний объектов в процессе их длительного дистанционного мониторинга // Компьютерная математика. – 2005. – № 1. – С. 94-103.
4. Лычак М.М. Интервальные характеристики хаотических последовательностей // Кибернетика и системный анализ. – 2004. – № 5. – С. 58-71.
5. Лычак М.М. Интервальные функции распределения и скользящего среднего возмущений как основа множественного оценивания // Труды Всероссийского (с международным участием) совещания по интервальному анализу и его приложениям. – Санкт-Петербург. – 2006. – С. 78-82.
6. Личак М.М. Інтервальні характеристики обмежених збурень як основа інтервального (множинного) оцінювання інформативних параметрів // Матеріали проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання» (ПНМК-2008). – Бучач: Бучачський інститут менеджменту і аудита. – 2008. – С. 170-172.
7. Личак М.М. Інтервальна функція розподілу обмеженої хаотичної послідовності як основа не аксіоматичної теорії ймовірностей // Український математичний журнал. – 2008. – Т. 60, №8. – С. 1128-1137.
8. Дивак М.П., Марценюк Є.О., Войтюк І.Ф. Моделювання лінійних динамічних систем із заданою структурою каналу вимірювання методами аналізу інтервальних даних // Матеріали проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання» (ПНМК-2008). – Бучач: Бучачський інститут менеджменту і аудита. – 2008. – С. 124-127.
9. Лычак М.М. Анализ циклических процессов солнечной активности // Проблемы управления и информатики. – 2006. – № 1 – 2. – С. 248-259.

М.М. Лычак, Б.М. Шевчук

Об информативности показателей интервального анализа сигналов и изображений

В статье рассмотрены вопросы создания интеллектуальных устройств и систем мониторинга состояния объектов с расчётом компактного кодирования сигналов и изображений, проведен анализ оптимизации процессов их введения и оперативной обработки. Описаны теоретические основы получения интервальных характеристик шумов и их использования для обозначения множественных оценок информативных параметров введённых сигналов и изображений.

Стаття надійшла до редакції 10.07.2008.